

Veren poistuminen ruhosta teurastuksessa
ja poistumiseen vaikuttavat tekijät märehitijöillä

Saija Eerola

Eläinlääketieteen lisensiaatin tutkielma 2021

Helsingin yliopisto

Eläinlääketieteellinen tiedekunta

Elintarvikehygienian ja ympäristöterveyden osasto

Lihantarkastuksen ja teurastamohygienian oppiaineet

Tiedekunta - Fakultet – Faculty Eläinlääketieteellinen tiedekunta		Osasto - Avdelning – Department Elintarvikehygienian ja ympäristöterveyden osasto	
Tekijä - Författare – Author Saija Eerola			
Työn nimi - Arbetets titel – Title Veren poistuminen ruhosta teurastuksessa ja poistumiseen vaikuttavat tekijät märehitijöillä			
Oppiaine - Läroämne – Subject Lihantarkastus ja teurastamohygienia			
Työn laji - Arbetets art – Level Lisensiaatin tutkielma		Aika - Datum – Month and year 03/2021	Sivumäärä - Sidoantal – Number of pages 30
<p>Tiivistelmä - Referat – Abstract</p> <p>Verenlasku on tärkeä osa teurastusta ja se parantaa huomattavasti lihan säilyvyyttä. Tässä kirjallisuuskatsauksessa perehdytään asioihin, jotka vaikuttavat verenlaskun tehokkuuteen ja käytännön suorittamiseen märehitijöillä. Teurastusta ja verenlaskua säädelään lainsäädännöllä, mutta teurastustapoja on kuitenkin käytössä useita. Vaihtelua on esimerkiksi eläimen tainnutustavassa, asennossa ja verenlaskun toteuttamistavassa.</p> <p>Verenlasku voidaan toteuttaa rintapistolla tai kaulaviillolla. Myös kaulaviillon paikassa on vaihtelua. Merkittävä ero näiden kahden tekniikan välillä on se, mitkä verisuonet katkaistaan. Rintapistolla katkaistaan sydäimestä lähtevä verisuoni, joka jakautuu <i>arteria carotis communiksiksi</i> ja <i>arteria vertebraliksiksi</i>. Kaulaviillolla katkaistaan ainoastaan <i>a. carotis communikset</i>, joten veri pääsee päähän edelleen <i>a. vertebraliksista</i>. Eläinsuojelullisesti tämä aiheuttaa ongelman erityisesti rituaaliteurastuksessa, jossa eläintä ei tainnuteta ennen verenlaskua. Eläin, jolla ainoastaan kaulasuonet on katkaistu, menettää tajuntansa hitaammin kuin eläin, jolle on tehty rintapisto.</p> <p>Sydämen pumppaus tehostaa veren poistumista ruhosta. Tämän vuoksi elintarvikehygienian kannalta kannattaa pyrkiä siihen, että sydän ei pysähdy heti tainnutuksessa ja verenlasku aloitetaan nopeasti tainnutuksen jälkeen. Eläimen tajunta ei saa palautua tainnutuksen jälkeen, joten myös siksi verenlaskun on tapahduttava nopeasti.</p> <p>Naudoilla lisähaastetta verenlaskuun tuo taipumus valeaneurysmam muodostukseen, joka hidastaa verenvuotoa tai jopa lopettaa sen. Valeaneurysmam muodostus on kaulaviillolla tehdyn verenlaskun ongelma. Tutkimuksissa on huomattu, että valeaneurysmia muodostui vähemmän viilloissa, jotka tehtiin korkealle kaulaan. Valeaneurysmia muodostuu ilmeisesti korkean verenpaineen vuoksi. Siksi naudoilla niitä muodostui enemmän, jos verenlasku tehtiin eläimen roikkuessa linjassa. Toisaalta rintapistolla tehty verenlasku on nopeampaa silloin, kun eläin roikkuu linjassa verenlaskun alussa.</p> <p>Tappavalla tainnutusmenetelmällä on mahdollista viivästyttää verenlaskua niin, että sitä ei tehdä välittömästi tainnutuksen jälkeen. On kuitenkin huomattu, että jo minuuttien viivytys vähentää ruhosta poistuneen veren määrää. Jäännösveri on kuitenkin lähinnä elimissä, eikä viivytys merkittävästi nosta lihan verimäärää. Puutteellinen verenlasku on mahdollista havaita esimerkiksi lihan punaisuudesta ja tällöin ruho on hylättävä lihantarkastuksessa.</p> <p>Verenlaskuun vaikuttavia tekijöitä on paljon ja niitä on tutkittu melko paljon, mutta osa tuloksista on ristiriidassa keskenään. Lisäksi joitain osatekijöitä on tutkittu huomattavasti vähemmän kuin toisia. Kirjallisuuskatsauksen perusteella on mahdollista toteuttaa verenlasku niin, että se on tehokasta ja eläimelle mahdollisimman vähän stressiä aiheuttavaa. Inhimillisen virheen mahdollisuus on kuitenkin aina olemassa ja näitä tilanteita varten on oltava riittävät keinot taata, että eläin ei kärsi.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Märehitijät, nauta, lammas, vuohi, teurastus, verenlasku			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited HELDA – Helsingin yliopiston digitaalinen arkisto			
Työn johtaja (tiedekunnan professori tai dosentti) ja ohjaaja(t) – Instruktör och ledare – Director and Supervisor(s) Työn johtaja Professori Maria Fredriksson-Ahomaa Työn ohjaaja Dosentti Riikka Laukkanen-Ninios			

SISÄLLYS

Johdanto	1
Kirjallisuuskatsaus	
1 Verenlasku teurastuksessa	2
2 Anatomiaa	3
3 Lainsäädäntö	7
4 Veren poistumisen arviointi	9
5 Poistuneen veren määrään ja poistumisnopeuteen vaikuttavia tekijöitä	10
5.1 Stressi ja paastotus	10
5.2 Sähköstimulaatio	11
5.3 Tainnutus	11
5.4 Sydämen pumppaus	13
5.5 Verisuonten katkaisukohta	15
5.6 Eläimen asento	15
5.7 Tainnutuksen jälkeiset liikkeet	16
5.8 Valeaneurysma	18
5.9 Viivästetty verenlasku	20
6 Jäännösveren jakautuminen	24
7 Aika, jonka jälkeen veri vielä poistuu ruhosta	26
Pohdinta	28
Lähteet	31

JOHDANTO

Teurastus voidaan tehdä usealla eri menetelmällä ja esimerkiksi tainnuttaa voi sähköllä, pulttipistoolilla tai ampumalla tuliaseella ja verenlaskun voi toteuttaa rintapistolla tai kaulan viillolla (Neuvoston asetus (EY) N:o 1099/2009).

Teurastuksen osana ruhosta lasketaan veri. Verenlasku on olennainen osa teurastusta lihan ja elinten laadun ja säilyvyyden turvaamiseksi (Puolanne ja Ertbjerg 2014), mutta kirjallisuudessa on esitetty vaihtelevia näkemyksiä siitä, missä määrin veri tulisi saada poistumaan ruhosta elintarvikkeiden laadun varmistamiseksi (Crystall ym. 1981). Veren poistumiseen ruhosta vaikuttavat monet tekijät, kuten eläinten käsittely ennen tainnutusta, käytetty tainnutusmenetelmä sekä verenlaskussa katkaistut verisuonet (Gregory 2005).

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat veren poistumisnopeuteen ja -määrään märehitjoiden ruhoista sekä kuinka suuren osan verestä tulee poistua ruhosta, jotta ruhon laatu ei kärsi. Katsauksessa selvitetään myös verenlaskun tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä ja näiden vaikutusmekanismeja märehitjiöillä.

KIRJALLISUUSKATSAUS

1 VERENLASKU TEURASTUKSESSA

Teurastuksessa eläimille suoritetaan verenlasku tainnutuksen jälkeen lihan laadun parantamiseksi ja, mikäli tainnutusmenetelmä ei ole lopettava, kuoleman varmistamiseksi. Rituaaliteurastuksessa veri lasketaan tainnuttamattomasta eläimestä, jolloin se menettää tajuntansa verenlaskusta johtuen. Suomessa tainnuttamatonta eläintä ei saa teurastaa, vaan tainnutuksen on tapahduttava yhtäaikaaisesti verenlaskun aloituksen kanssa (Eläinsuojelulaki 247/1996, 33 b §, Eläinsuojeluasetus 396/1996, 12 luku, Neuvoston asetus (EY) N:o 1099/2009, 4 artikla, kohta 4).

Verenlasku voidaan toteuttaa rintapistolla, jossa pistetään ensimmäisen kylkiluun kraniaalipuolelta rintaonteloon ja katkaistaan sydämen kraniaalipuolella yhteinen suoni, josta *arteria carotis communikset* ja *arteria vertebralikset* saavat alkunsa (Blackmore ja Newhook 1976, Anil ym. 1995, Terlouw ym. 2015), katkaisemalla molemmat kaulasuonet eli *a. carotis communikset* tai tutkimuksissa myös dekapitaatiolla (Williams ym. 1982, Vimini ym. 1983a, Vimini ym. 1983b, Williams ym. 1983, Anil ym. 1995). Verenlasku katkaisemalla vain toinen kaulasuonista (Blackmore ja Newhook 1976), on sallittu vain silloin, kun tainnutusmenetelmä on ollut tappava (Neuvoston asetus (EY) N:o 1099/2009, liite III, kohta 3.2). Kun kaulasuonet katkaistaan, viilto voidaan tehdä kaulaan vaihteleville korkeuksille (Gregory ym. 2012a, Gregory ym. 2012b, Gibson ym. 2015). Suonten katkaisu voidaan toteuttaa viiltämällä kaula vahingoittaen kaulan verisuonia, henkitorvea ja ruokatorvea, tai suorittamalla niin sanottu keihäspisto, jossa pisto tehdään kaulan lateraalipinnalta katkaisten molemmat suonet, mutta säästään ruokatorvi (Blackmore ja Newhook 1976, Kirton ja Woods 1977). Verenlaskussa on kuitenkin Euroopan parlamentin ja Neuvoston asetuksen (EY) N:o 853/2004 (liite III, I jakso, IV luku, kohta 7 alakohta a) mukaan tavanomaisessa teurastuksessa henkitorven ja ruokatorven pysyttävä ehjänä. Rituaaliteurastuksissa ruokatorven ja henkitorven saa katkaista.

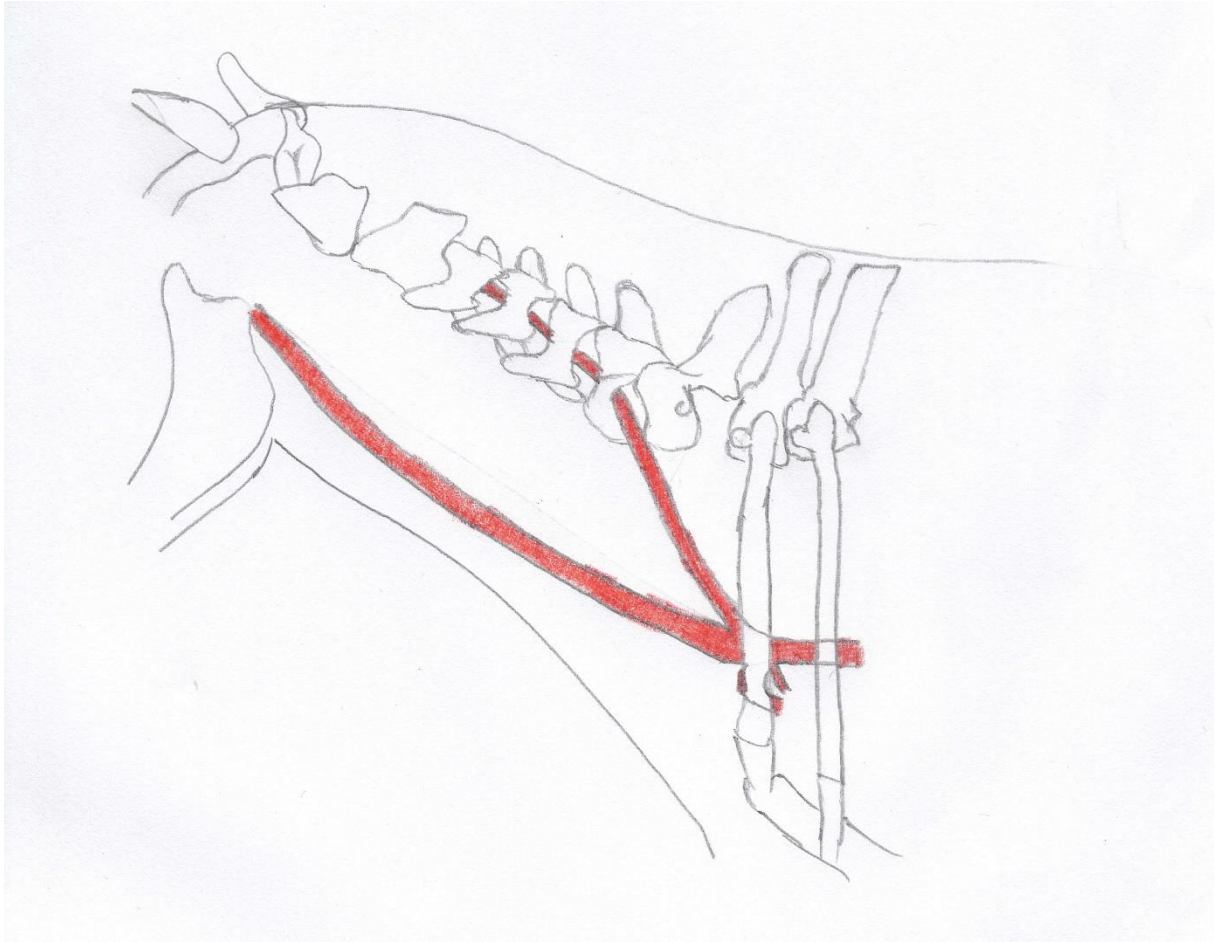
2 ANATOMIAA

Naudoilla veri tulee kaikkiin aivojen osiin *arteria carotis communiksesta* ja *arteria vertebraliksesta*, mutta lampailla *a. vertebralis* verisuonittaa vain aivorungon kaudaaliosaa (Blackman ym. 1986, Dyce ym. 2009). Tällä on merkitystä ilman tainnutusta tapahtuvassa rituaaliteurastuksessa, koska *a. vertebralikset* säästyvät, vaikka *a. carotis communikset* viillettäisiin, ja on huomattu, että nopea verenpaineen lasku ei riitä nopeaan tajunnan menettämiseen (Dyce ym. 2009).

A. carotis communikset nousevat kaulaa henkitorven molemmin puolin (König ym. 2007). *A. vertebralis* poistuu rintaontelosta ensimmäisen kylkiluun etupuolelta ja menee sisään kuudennen kaulanikaman *foramen transversariumista*. Suoni jatkuu selkäydinkanavaan toisen ja kolmannen kaulanikaman kohdalla ja menee kallon sisään *foramen magnumin* kautta (Baldwin 1964, Schaller ja Constantinescu 2007, kuva 1).

Heti kallon sisällä *a. vertebralis* yhdistyy anastomoottisesti *a. occipitaliksen* haarojen kanssa, jotka ovat tulleet kalloon *foramen hypoglossusten* kautta, muodostamaan basi-occipitaali plexusta. Naudoilla ja lampaalla occipito-vertebraalinen anastomoosi on hyvin kehittynyt (Baldwin 1964).

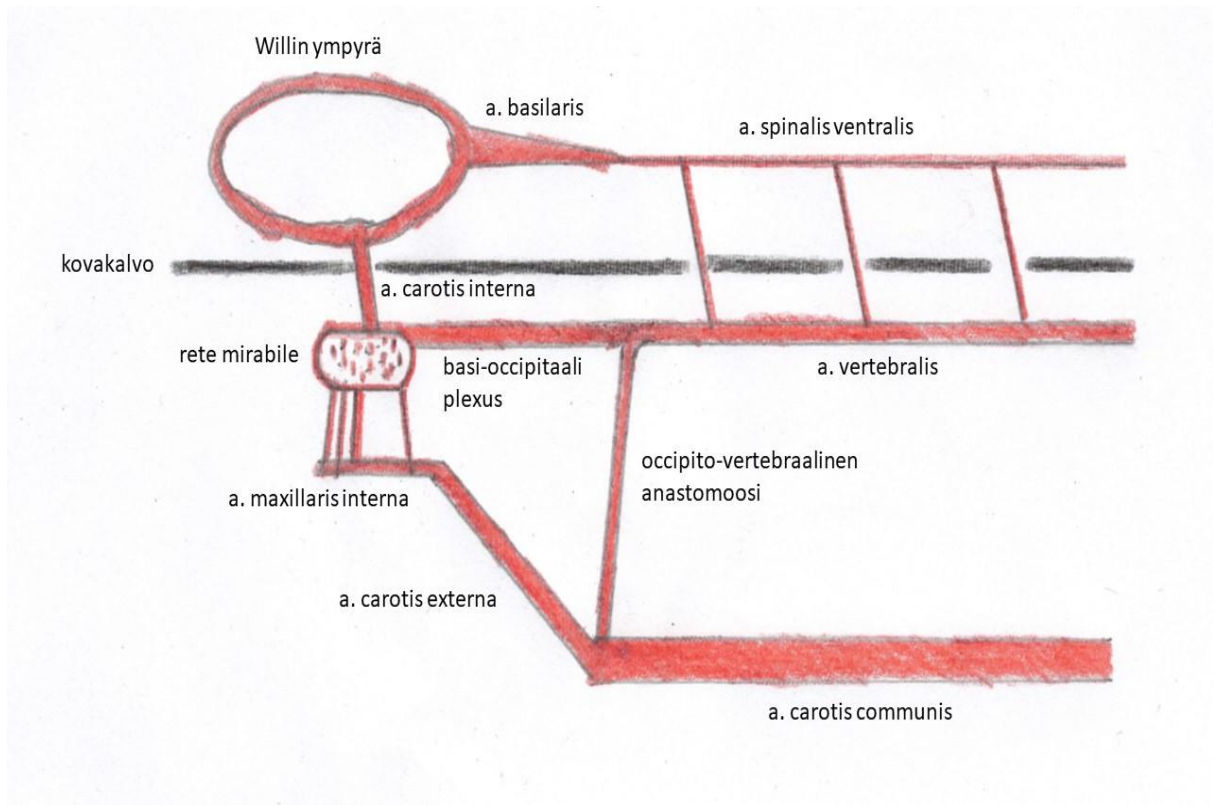
Aivoihin veri tulee valtimoista, jotka verisuonittavat monimutkaista valtimopunosta kallon sisällä, kovakalvon ulkopuolella. Tämä punos, *rete mirabile*, muodostuu monista anastomoivista valtimoista (König ym. 2007, Dyce ym. 2009). Lampailla ja naudoilla suurin osa verestä tulee punokseen *a. carotis externasta*, joka haarautuu *a. maxillaris internana*. Tämän lisäksi naudoilla punos on suoraan yhteydessä selkänikamien valtimoihin basi-occipitaali plexuksen valtimoiden kautta (Baldwin 1964).



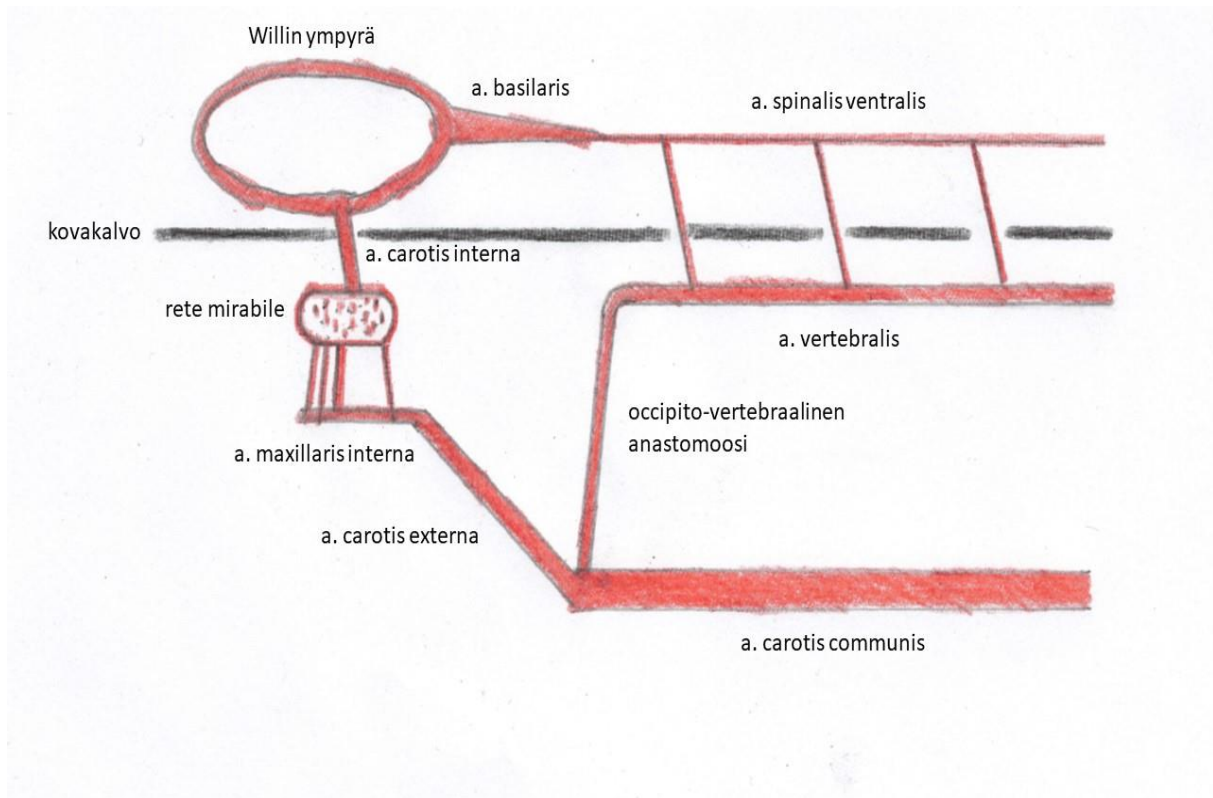
Kuva 1. Naudan kaulan yksinkertaistettu valtimoverisuonitus lateraalisesti katsottuna Schaller ja Constantinescu (2007) mukaillen.

Punoksesta lähtee *a. carotis interna*, joka kulkee kovakalvon läpi ja muodostaa sitten Willin ympyrän (kuva 2). *Arteria basilaris* voidaan ajatella Willin ympyrän kaudaalisena haarana. Se kaventuu kaudaalisesti ja jatkuu *arteria spinalis ventraliksena* (kuva 2). Muista lajeista poiketen naudalla *a. basilaris* on puutteellisesti yhteydessä *a. vertebraliin* (Baldwin 1964). Naudoilla *a. basilaris* tuo verta Willin ympyrään, mutta lampailla se vie verta pois ympyrästä (Dyce ym. 2009).

Lampaalla rete mirabile ei ole yhtä monimutkainen kuin naudalla. Veri tulee lampaalla punokseen lähes kokonaan *a. maxillaris internasta* (kuva 3). Lisäksi lampaalla *a. vertebraliksen* ja *a. occipitaliksen* anastomoosi sijaitsee atlaksen kaaren tasolla, kun naudalla se sijaitsee kallon sisällä (Baldwin 1964).



Kuva 2. Naudan aivojen verisuonitus Baldwin (1964) perusteella.



Kuva 3. Lampaan aivojen verisuonitus Baldwin (1964) perusteella.

Verenlaskun kannalta anatomiset erot verisuonituksessa merkitsevät sitä, että lampaalla kaulan viiltäminen ja *a. carotis communisten* katkaisu riittää verenlaskuun ja tajunta ei ehdi palautua tai se menetetään nopeasti, mikäli verenlasku suoritetaan ilman tainnutusta. Naudoilla puolestaan pelkkien *a. carotis communisten* katkaiseminen voi johtaa viivästyneeseen tajunnan menetykseen, koska verta pääsee edelleen aivoihin *a. vertebraliksen* kautta, tai jopa tajunnan palautumiseen, jos ne muodostavat verenvuotoa häiritseviä valeaneurysmia (Gregory ym. 2010, Gregory ym. 2012b). Tämän vuoksi eläinten hyvinvoinnin kannalta naudoilla tulisi suorittaa verenlaskussa rintapisto, jotta verenkierto katkeaisi myös *a. vertebraliksiin*.

3 LAINSÄÄDÄNTÖ

Lainsäädännössä määrätään teurastuksesta ja verenlaskusta niin eläinsuojelun kuin elintarvikehygieniankin kannalta. Lopetusasetuksessa (Neuvoston asetus (EY) N:o 1099/2009) määritetään, mitä tainnutusmenetelmiä saa käyttää (Taulukko 1).

Taulukko 1. Märehtijöiden tainnutusmenetelmät ja niiden vaatimukset eläinlajeittain Neuvoston asetus (EY) N:o 1099/2009 perusteella.

Menetelmä	Eläinlaji	Lopettava tainnutus	Vaatimukset
Lävistävä pulttipistooli	Nauta, pienmärehtijät	Ei	
Iskevä pulttipistooli	Nauta, pienmärehtijät	Ei	Alle 10 kg painoinen eläin
Tuliase	Nauta, pienmärehtijät	Kyllä	
Isku päähän	Pienmärehtijät	Ei	Alle 5 kg painoinen eläin, vain varamenetelmä
Sähkötainnutus päähän	Nauta, pienmärehtijät	Ei	<6 kk ikäinen nauta vähintään 1,25 A >6 kk ikäinen nauta vähintään 1,28 A Lammas ja vuohi vähintään 1,00 A
Sähkötainnutus päähän ja vartaloon	Pienmärehtijät	Ei	Vähintään 1,00 A

Tainnutuksen on tapahduttava teurastuksessa nopeasti ja tehokkaasti ja sen on kestettävä tarpeeksi pitkään. Eläintä ei saa ripustaa hereillä ollessa, eikä sen liikkumista saa rajoittaa raajoja sitomalla. Tainnutuksessa on huomioitava eläinlaji ja maa- ja metsätalousministeriön tarkemmat määräykset kyseisen eläinlajin kohdalla. Tainnutuksen voi toteuttaa aivoihin tunkeutuvalla mekaanisella laitteella eli käytännössä pulttipistoolilla, välittömästi tainnuttavalla sähkövirralla, kaasulla, päähän ampumalla tai iskulla päähän sopivalla aseella (Eläinsuojeluasetus 396/1996 42 §). Lopetuksen ja siihen liittyvien toimien aikana eläintä on varjeltava ylimääräiseltä kivulta, tuskalta ja kärsimykseltä (Neuvoston asetus (EY) N:o 1099/2009 3 artikla kohta 1).

Märehtijöille soveltuvia tainnutuskeinoja ovat esimerkiksi pulttipistooli, tuliase tai sähkötainnutus. Pienille karitsoille ja kileille saa lisäksi käyttää tainnuttamiseen iskua päähän. Pulttipistooli voi olla lävistävä tai iskevä, mutta iskevää pulttipistoolia saa käyttää ainoastaan alle 10 kiloille eläimille. Sähkötainnutus voi kohdistua vain päähän tai päähän ja vartaloon. Naudoilla käytännössä käytetään vain päähän kohdistuvaa sähkötainnutusta, kun taas pienmärehtijöillä voidaan käyttää molempia tekniikoita (taulukko 1).

Eläimiä saa lopettaa vasta tainnuttamisen jälkeen ja tajuttomuuden ja tuntemiskyvyttömyyden on säilyttävä eläimen kuolemaan asti. Jos tainnutus ei johda kuolemaan, on sitä seurattava kuoleman varmistava menettely mahdollisimman pian. Näitä kuoleman varmistavia menettelyjä ovat märehtijöillä esimerkiksi verenlasku ja kuoleman aiheuttava sähkövirta. Nämä vaatimukset eivät kuitenkaan koske teurastamossa tapahtuvaa teurastusta, jos eläimiä teurastetaan uskonnollisten rituaalien määrittelemiä erityismenetelmiä käyttäen (Neuvoston asetus (EY) N:o 1099/2009 4 artikla kohta 4).

Tainnutuksen jälkeen tainnutetun eläimen verenlasku on aloitettava välittömästi ja verenvuodon on oltava nopea, runsas ja täydellinen. Eläimen tajunta ei saa palautua verenlaskun aikana (Eläinsuojeluasetus 396/1996 44 §, Neuvoston asetus (EY) N:o 1099/2009 4 artikla kohta 1). Pelkän tainnutuksen tai rituaaliteurastuksen mukaisten käytäntöjen jälkeen on katkaistava molemmat kaulavaltimot tai suoni, josta kaulavaltimot lähtevät (Neuvoston asetus (EY) N:o 1099/2009 15 artikla kohta 3.2), eli vain toisen kaulasuonen saa katkaista ainoastaan siinä tapauksessa, että käytetään tappavaa tainnutusta.

Lihaa ei saa käyttää ihmisravinnoksi, jos sen verenlasku on puutteellinen (tämä ei koske luonnonvaraista riistaa) tai siinä on aistinvaraisia poikkeavuuksia kuten korostunutta sukupuolihajua, sen koostumus on epänormaali, se ei täytä mikrobiologisia vaatimuksia tai siinä on patofysiologisia muutoksia (Komission täytäntöönpanoasetus (EU) 2019/627, artikla 45, kohta o). Asetuksessa ei ole kuitenkaan selvästi määritelty, milloin verenlasku on katsottava puutteelliseksi.

4 VEREN POISTUMISEN ARVIOINTI

Poistuneen veren määrä voidaan punnita ja veren poistumisnopeutta voidaan arvioida silmämääräisesti tai kuvaamalla (Khalid ym. 2015). Jos veri punnitaan, sen painoa voidaan verrata elävän eläimen painoon ja laskea poistunut veri prosentteina (Velarde ym. 2003, Sabow ym. 2016). Gregory ja Slader (1988) esittelivät yksinkertaisen tavan punnita poistuneen veren määrää eri aikapisteissä, jolloin saadaan tietokoneella aikaan poistuneen veren määrää ja veren vuotonopeutta kuvaava kuvaaja.

Laboratoriossa veren poistumista lihasta voidaan arvioida mittaamalla lihan hemoglobiinipitoisuutta kromatografialla (Warriss 1976, Warriss 1978, Warriss ja Leach 1978, Chrystall ym. 1981, Williams ym. 1983), tosin tämä ei ole paras mahdollinen tapa veren poistumisen arviointiin, koska ruhoon jäävä osa verestä on ilmeisesti suurimmaksi osaksi plasmaa ja punasolut tulevat ulos (Williams ym. 1983). Lihan veripitoisuutta voidaan myös arvioida silmämääräisesti arvioimalla lihan väriä (Williams ym. 1983) tai kolorimetrillä mittaamalla (Tapp ym. 2011).

Buncic (2006) esittelee kvalitatiivisen pikamenetelmän riittämättömän veren poistumisen määrittämiseksi malakiittivihreän avulla, mutta käytännössä ei juurikaan löydy tutkimuksia, joissa kyseistä tekniikkaa olisi käytetty.

5 POISTUNEEN VEREN MÄÄRÄÄN JA POISTUMISNOPEUTEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

Gregoryn (2005) mukaan veren poistumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa katkaistut verisuonet, viillon koko, sydänpysähdys tainnutuksessa, ruhon asento verenlaskussa, kapillaarien vasokonstriktio ja vasodilataatio, tooniset lihassupistukset ja spasmit, jotka kuljettavat verta kohti pistohaavaa. Näiden lisäksi veren poistumiseen voisi vaikuttaa aika tainnutuksesta verenlaskuun, ruhon sähköstimulaatio, tainnutukseen käytetty menetelmä, eläinten käsittely ennen teurastusta ja teurastuksen aikana sekä nautojen tapauksessa valeaneurysmat (Kirtton ym. 1981, Williams ym. 1983, Kadim ym. 2010, Gregory ym. 2012a, Sabow ym. 2016).

5.1 Stressi ja paastotus

Warrisin (1978) mukaan teurastuksessa stressi, jonka tainnutus ja verenlasku aiheuttavat, saa aikaan vasokonstriktion ääreisverenkierrassa, joka johtaa veren poistumiseen luurankoliuksista. Warrisin (1978) rottakokeissa lihaksen hemoglobiinimäärä oli sitä pienempi, mitä stressaantuneempi eläin oli ollut ennen lopetusta. Tämä johtuneen suuren adrenaliinimäärän aiheuttamasta vasokonstriktiosta, jolloin lihasten pienet verisuonet supistuvat ja lihakseen mahtuva verimäärä on pienempi (Warris 1978).

Lihaksen verimäärää vähentää myös eläinten paastottaminen ennen teurastusta. Kun verrattiin lampaita, joita oli ruokittu kahden tunnin välein, niihin lampaisiin, joita oli paastotettu 26 tuntia, paastotetuilla lampaila verenkierto väheni ruoansulatuskanavassa, ihossa, korvissa ja suurimmissa luurankoliuksissa verrattuna lampaisiin, joita oli ruokittu kahden tunnin välein (Gregory ja Christopherson 1986). Luurankoliuksen verenkierto väheni jopa 30 - 60 % (Gregory ja Christopherson 1986). Yli 36 tunnin paastotus toisaalta vähentää ruhojen painoa ja aiheuttaa korkeamman lihan pH:n vuorokauden kuluttua teurastuksesta (Stewart ym. 2019).

5.2 Sähköstimulaatio

Sähköstimulaatiolla pyritään nopeuttamaan ruhon glykolyysiä, lyhentämään aikaa kuolonkankeuden eli *rigor mortiksen* alkamiseen ja estämään kylmäsupistumista (Toldra 2017). Sähköstimulaatio noin kahden minuutin päästä pistämisestä voi hetkellisesti lisätä poistuvan veren määrä noin 1 kg verran, jolloin veri voidaan kerätä talteen (CSIRO Food and Nutritional Sciences: Meat Industry Services 2006). Sähköstimulaatio ei sen sijaan lisää poistuneen veren määrää ennen viivästettyä verenlaskua, eli jos verenlaskua ei aloiteta heti tainnutuksen jälkeen (Gregory ym. 1988). Gregory ym. (1988) tutkimuksessa annettiin nautojen ruhoille sähköstimulaatiota kuuden tunnin kylmiössä olon jälkeen neljästi 30 sekunnin ajan. Naudat oli tainnutettu pulttipistoolilla ja niiden sydän oli sen jälkeen pysäytetty sähköllä. Sähköstimuloiduissa ruhoissa poistuneen veren määrä oli samankaltainen niihin eläimiin verrattuna, joilla verenlasku toteutettiin kuuden tunnin viivytyksen jälkeen ilman sähköstimulaatiota.

5.3 Tainnutus

Märehtijät voidaan teurastuksessa tainnuttaa lävistävällä pulttipistoolilla, tuliaseella, sähkötainnutuksella päähän tai sähkötainnutuksella päähän ja kehoon. Lisäksi pienet, alle 10 kg painavat märehtijät voidaan tainnuttaa iskevällä pulttipistoolilla ja alle 5 kg painavat kilit ja karitsat iskulla päähän (Neuvoston asetus (EY) N:o 1099/2009). Rituaaliteurastuksessa eläimet voidaan teurastaa myös ilman tainnutusta (Dyce ym. 2009).

Khalid ym. (2015) huomasivat tutkimuksissaan, että jos veri laskettiin lampaista tainnuttamatta, veren poistumisnopeus oli hitaampi kuin sähköllä päähän tainnutetuilla eläimillä. Erityisesti ero näkyi ensimmäisen 10 sekunnin aikana. 90 sekunnin jälkeen poistuneen veren määrässä ei kuitenkaan ollut eroa. Erot tulevat luultavasti esiin ensimmäisen minuutin aikana verenlaskun alusta ja tasoittuvat sen jälkeen, koska Velarde ym. (2003) ja Khalid ym. (2015) huomasivat, että tainnutetuista lampaista poistui enemmän verta ensimmäisen 60 sekunnin aikana kuin niistä, joita ei ollut tainnutettu (Taulukko 2).

Taulukko 2. Poistuneen veren määrä eri ajankohtina verenlaskun alusta tainnuttamattomilla ja sähköllä tainnutetuilla lampailla.

Aika tainnutuksesta	Tainnutus	Poistuneen veren määrä ruhopainosta	Tutkimus
60s	sähkö	3,6%	Khalid ym. 2015
60s	sähkö	4,6 %	Velarde ym. 2003
90s	sähkö	3,6%	Khalid ym. 2015
120s	sähkö	4,2%	Kirton ym. 1981
60s	ei	2,9%	Khalid ym. 2015
60s	ei	4,3 %	Velarde ym. 2003
90s	ei	3,5%	Khalid ym. 2015
120s	ei	4,2%	Kirton ym. 1981

Pulttipistoolilla tainnuttamisen ja tainnuttamatta teurastuksen välillä ei ole eroa verenlaskun kannalta (Blackmore ja Newhook 1976). Pultilla tainnuttaessa hengitys pysähtyy heti, mutta sydän jatkaa pumppaamista vielä noin 10 minuuttia (Vimini ym. 1983a). Näin ollen molemmissa tapauksissa sydän pumppaa vielä viiltohetkellä ja sen jälkeen. Eläimen hyvinvoinnin kannalta tainnuttaminen pulttipistoolilla on parempi vaihtoehto kuin tainnuttamatta verenlasku. Aivosähkökäyrän perusteella pulttipistoolilla tainnutetut ovat tajuttomia välittömästi tainnutuksen jälkeen, mutta jos verenlasku aloitetaan tainnuttamatta, eläimet pysyvät tajuissaan pitkään (Verhoeven ym. 2016).

Kun verrattiin pultilla tainnutusta ja sähkötainnutusta lampailla, huomattiin, että sähkötainnutuksella verta poistui enemmän, se valui nopeammin ja sen hematokriitti oli suurempi. Lihan hemoglobiinipitoisuudessa ei kuitenkaan ollut merkittävää eroa ryhmien välillä (Warriss ja Leach 1978) (Taulukko 3).

Taulukko 3. Tainnutustapojen erot poistuneen veren määrässä, hematokriitissä ja lihan hemoglobiinipitoisuudessa Warriss ja Leach (1978) mukaan.

Tainnutus	Poistuneen veren määrä (%)	Poistuneen veren hematokriitti (%)	Lihan hemoglobiinipitoisuus (mg/g)
Pulttipistooli	7,5	37,7	0,85
Sähkötainnutus	8,0	39,1	0,94

Kirton ym. (1978) mittasivat lampaiden verenpainetta tainnutuksen aikana ja sen jälkeen. Sähköllä tainnutettujen verenpaine nousi 3 - 5 kertaiseksi keskimäärin 11 sekunnin kuluttua siitä, kun sähkövirran anto lopetettiin. Verenpaine laski normaaliksi kahden minuutin kuluessa. Pulttipistoolilla tainnutetuilla verenpaine nousi välittömästi ja alkoi heti laskea. Samankaltaisia havaintoja raportoivat Blackmore ja Newhook (1982), jotka havaitsivat verenpaineen nousevan, jos eläimet tainnutettiin sähköllä päähän tai pulttipistoolilla. Ero verenpaineiden nousussa saattaa selittää sitä, että sähkötainnutetuilla veri vuotaa nopeammin kuin pulttipistoolilla tainnutetuilla (Kirton ym. 1978). Koska viilto ei tapahdu välittömästi tainnutuksen jälkeen, on pulttipistoolilla tainnutettujen verenpaine viiltovaiheessa jo laskemassa, mutta sähköllä tainnutetuilla viilto saattaa osua verenpaineen huippukohtaan. Toisaalta Blackmore ja Newhook (1982) eivät kerro verenpaineen nousussa olevan eroja ja toteavat vain, että verenpaine pysyy koholla pitkään kummallakin tekniikalla tehdyssä tainnutuksessa.

5.4 Sydämen pumppaus

Kirton ym. (1981) tutkimuksissa verta poistui huomattavasti vähemmän niistä lampaista, joiden sydän oli pysähtynyt tainnutuksessa (Taulukko 4). Myös Gregory ja Wilkins (1984) raportoivat hidastuneen veren poistumisnopeuden ja vähäisemmän poistuneen veren määrän, kun lampaan sydän oli pysähtynyt (Taulukko 4). Sama pätee myös vuohiin ja nautoihin, sillä Sabow ym. (2016) huomasivat, että verta poistui vähemmän silloin, kun vuohien sydän pysähtyi tainnutuksessa (Taulukko 4). Gregory ym. (2008) tutkivat nautoja vastaavin tuloksin, kun veri poistui hitaammin nautoista, joiden sydän oli pysähtynyt. Pysähtynyt sydän vähensi poistuneen veren määrää myös Vimini ym. (1983a) tutkimuksessa.

Taulukko 4. Sydänpysähdysten vaikutus lampaasta ja vuohesta poistuneen veren määrään.

Eläinlaji	Sydänpysähdys	Poistuneen veren määrä	Tutkimus
lammas	kyllä	1,9%	Kirton ym. 1981
lammas	kyllä	3,3%	Gregory ja Wilkins 1984
vuohi	kyllä	2,8 %	Sabow ym. 2016
lammas	ei	4,1%	Kirton ym. 1981
lammas	ei	4,0%	Gregory ja Wilkins 1984
vuohi	ei	4,2 %	Sabow ym. 2016

Sabow ym. (2016) vertailivat neljää eri tainnutustapaa vuohilla punnitsemalla poistuneen veren ja vertaamalla sitä eläimen elopainoon. Tästä laskettiin poistunut veri prosentteina. Heidän tutkimuksissaan verta poistui vähemmän eläimistä, jotka oli tainnutettu matalla taajuudella sähköllä päähän ja selkään. Tässä tapauksessa sydän pysähtyi ennen verenlaskua, toisin kuin muissa tapauksissa. Kaikissa kokeissa eläimet olivat kevyessä anestesiassa ennen teurastusta, joten tutkimustilanne ei mukaillut normaalia teurastusprosessia.

Kun lampailla ja vasikoilla käytettiin sähkötaimutusta päähän ja selkään, niiden sydän pysähtyi välittömästi kolmea eläintä lukuun ottamatta. Lopuilla eläimistä tajuttomuus oli pysyvä ja verenpaine laski välittömästi tainnutushetkellä, kun sydän pysähtyi (Blackmore ja Newhook 1982). Pysähtyneen sydämen aiheuttama vähentynyt poistuneen veren määrä ja hidastunut poistuminen johtuvat ilmeisesti tästä verenpaineen laskusta.

Sydämen pumppaus ei vaikuta vuoden jäännösverimäärään (Gregory ym. 1985). Tainnutusmenetelmä ja sen mahdollisesti aiheuttama sydänpysähdys ei siis ole ongelma nahkateollisuudelle.

5.5 Verisuonten katkaisukohta

Blackmoren ja Newhookin tutkimuksessa (1976) lampaalla veri valui nopeammin, kun eläimelle tehtiin rintapisto, mutta teurastajat kokivat tämän tekniikan vaikeaksi. Tutkimuksessa teurastajat kokivat parhaaksi lateraalisen piston kaulaan bilateraalisesti suonia vahingoittaen ja henki- ja ruokatorvea välttären, eli niin sanottu keihäspisto, koska se oli vähän kontaminoiva, helppo ja veri poistui ruhosta tehokkaasti. Veri ei kuitenkaan valunut yhtä nopeasti kuin oikein suoritettulla rintapistolla (Blackmore ja Newhook 1976). Kirtonin ja Woodsin (1977) mukaan keihäspisto voi vähentää myös poistuneen veren määrää jopa 10% verrattuna makuuasennossa tapahtuvaan kaulasuonten katkaisuun. Keihäspisto vähensi poistuneen veren määrää riippumatta lampaan asennosta pistohetkellä ja verenvalutuksen aikana (Kirton ja Woods 1977).

Gregoryn ym. (2012a) tutkimuksessa nautojen kaulasuonten katkaisussa veri poistui parhaiten C1-nikaman kohdalle tehdystä viillosta, koska silloin esiintyi vähemmän verenvuotoa häiritsevää valeaneurysmamuodostumaa kuin C1-nikamaa kaudaalisemmissa viilloissa. Myös halal-teurastuksessa ylös kaulalla tehty viilto on parempi, koska aika viillosta siihen, että eläimen jalat pettävät, on pidempi niillä naudoilla, joilla verisuonet katkaistaan kaulan alaosaasta (Gibson ym. 2015). Myös tämä viittaa suurempaan valeaneurysmamuodostukseen, kun verisuonet katkaistaan alhaalta. Rituaaliteurastuksessa suurin osa viilloista tehdään C2 - C4 alueella, mutta C1 kohdalle tehty viilto vähentää valeaneurysmia ja katkaisee hengitysteiden hermotuksen niin, että hengitysteihin mahdollisesti päätyneen veren aiheuttama epämiellyttävä tunne vähentyy. C1 kohdalle tehty viilto siis tehostaa verenlaskua ja edesauttaa eläinten hyvinvointia minimoimalla eläimen kokeman epämiellyttävyyden tunteen ja nopeuttamalla tajunnan menetystä (Gregory ym. 2012b).

5.6 Eläimen asento

Aikaisin verenlaskun alussa lampaan nostaminen linjalle roikkumaan nopeuttaa verenlaskua (Khalid ym. 2015). Kun lampaiden annettiin vuotaa 20 sekuntia ennen ylös linjalle nostamista, veri poistui nopeammin kuin silloin, jos eläin oli makuuasennossa kaksi minuuttia ennen linjalle ripustamista (Khalid ym. 2015). Kun ruhot nostettiin ylös, veri alkoi poistua nopeammin

(Khalid ym. 2015). Jos nostaminen tapahtuu myöhemmin verenlaskun aikana, ruhosta on jo ehtinyt poistua verta niin paljon, että ylös nostaminen ei vaikuta veren poistumisnopeuteen yhtä paljon (Khalid ym. 2015).

Naudoilla puolestaan ylös ripustaminen voi heikentää verenlaskun tehokkuutta, jos verenlasku toteutetaan kaulasuonet katkaisemalla (Gregory ym. 2012a). Tämä johtuu siitä, että kaulasuoniin muodostuu valeaneurysmia, jotka häiritsevät verenlaskua, helpommin jos nauta on ripustettuna. Tämä johtuu ilmeisesti siitä, että verenpaine kaulasuonissa kasvaa, kun ruho nostetaan roikkumaan pää alaspäin. Toisaalta vasikat menivät tajuttomiksi nopeammin ripustettaessa (Verhoeven 2016), eli ainakaan tässä tutkimuksessa valeaneurysmat eivät olleet ongelma.

Warriss ja Leach (1978) tutkimuksessa lampaista poistui kuitenkin eniten verta silloin, kun ne olivat makuuasennossa, mikä on ristiriidassa Khalid ym. (2015) tutkimuksen kanssa, sekä Verhoeven ym. (2016) kanssa, jotka huomasivat vasikoiden tajunnan säilyvän kymmeniä sekunteja pidempään, mikäli verenlasku suoritettiin maakuuasennossa, kun verrattiin tajunnan menettämistä pää alaspäin roikkuviin eläimiin. Kun oletetaan, että tajunnan menetys on yhteydessä poistuneen veren määrään Verhoeven ym. (2016) tulokset viittaavat siihen, että veri poistuu vasikoista nopeammin, kun ne on ripustettu linjaan. Toisaalta nopeampi tajunnan menetys voi johtua myös pitkästä ylösalaisin riippumisesta. Käytettäessä keihäspistoa lampaalla ei ole eroa siinä, suoritetaanko verenvalutus horisontaali- vai vertikaaliasennossa (Kirtton ja Woods 1977).

5.7 Tainnutuksen jälkeiset liikkeet

Kun Terlouw ym. (2015) tutkivat tainnutuksen jälkeisten liikkeiden yhteyttä aivoihin, he huomasivat, että selkäytimen vahingoittaminen ei vaikuttanut liikkeisiin, joten liikkeet eivät ole aivoperäisiä. Lehmillä oli liikkeitä enemmän kuin sonneilla. Lisäksi eläimillä, joilla pulttipistoolilla toteutettu tainnutus oli tehty suositellun kohdan alapuolelle, oli enemmän takajalkojen liikkeitä kuin eläimillä, joilla tainnutus oli osunut oikein (Terlouw ym. 2015). Lehmiltä myös verta poistui suhteessa painoonsa enemmän kuin sonneilla (Taulukko 5), mutta poistuneen veren absoluuttinen määrä oli sama sonneilla ja lehmillä (Terlouw ym. 2015).

Taulukko 5. Sonnin ja lehmän ruhosta poistunut verimäärä eri aikapisteissä verenlaskun aloittamisesta Terlouw ym. (2015) mukaan. Lehmillä esiintyy enemmän tainnutuksen jälkeisiä liikkeitä.

Aika	Sonnin ruhosta poistunut verimäärä (%)	Lehmän ruhosta poistunut verimäärä (%)
0 - 30 s	2,0	2,8
0 - 60 s	3,2	4,1
0 - 90 s	4,0	5,1

Niskan ja selän liikkeet olivat voimakkaimpia pistohetkellä ja ensimmäisen minuutin aikana rintapistosta. Kun mitattiin poistuneen veren määrää ensimmäisen 90 sekunnin aikana rintapistosta, huomattiin, että tainnutuksen jälkeiset liikkeet tehostivat veren poistumista verenlaskun alussa, mutta vähensi veren poistumista myöhemmin, joten poistuneen veren määrä oli sama (Terlouw ym. 2015) (taulukko 6).

Chrystall ym. (1981) mukaan lihastyö ei vaikuta lihan hemoglobiinipitoisuuteen lampailla. Voidaan siis olettaa, että lihakseen ei jää enempää verta, jos liikkeitä ei esiinny tainnutuksen jälkeen. Veren poistuminen nopeutuu kuitenkin liikkeiden vaikutuksesta verenlaskun alussa, joten veri poistuu nopeammin, vaikka sen määrää onkin vakio. Ilman liikkeitä veren poistumisnopeus on tasainen, mutta liikkeet aiheuttavat sen, että alussa verta poistuu nopeasti ja poistumisnopeus pienenee ajan kuluessa.

Taulukko 6. Sonnin ruhosta poistuneen veren määrä eri aikaväleillä verenlaskun alusta Terlouw ym. (2015) mukaan.

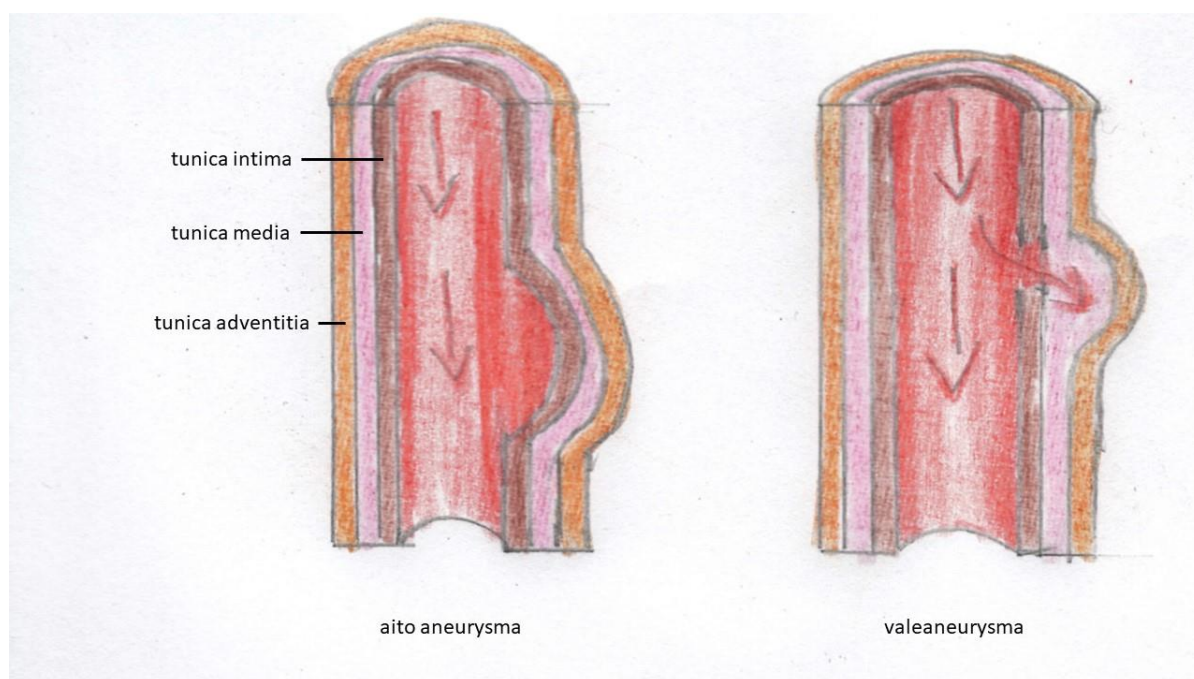
Aikaväli	Poistuneen veren määrä (%)
0 - 30 s	1,78 ± 0,35
30 - 60 s	1,34 ± 0,15
60 - 90 s	0,85 ± 0,13

5.8 Valeaneurysma

Arteria carotikset voivat muodostaa valeaneurysmia vahingoitettuun kohtaan ja näin hidastaa verenlaskua (Gregory ym. 2008). Valeaneurysmam muodostus aiheuttaa riskin siihen, että tainnutetun eläimen tajunta palautuu tainnutuksen jälkeen ennen kuolemaa (Gregory ym. 1996). Rituaaliteurastuksessa näitä valeaneurysmia muodostui 10 %:lla naudoista, mutta sydämen pysäyttävää sähkötaimnutusta käytettäessä valeaneurysmia ei esiintynyt (Gregory ym. 2008). Kun veri lasketaan rintapistolla, valeaneurysmia ei muodostu (Anil ym. 1995).

Lampailla valeaneurysmia ei esiinny, toisin kuin aikuisella naudalla ja vasikalla. Vasikalla suurien valeaneurysmien muodostuminen on jopa yleisempää kuin aikuisilla naudoilla (Gregory ym. 2006).

Valeaneurysmat muodostuvat, kun veri menee verisuonen *tunica adventitia* alle katkaistusta suonesta (Gregory ym. 2008) (Kuva 4). Histologisessa näytteessä nähdään verta suonen uloimman kerroksen ja sisemmän sidekudoskerroksen välissä (Gregory ym. 2006).



Kuva 4. Valeaneurysman ero aitoon aneurysmaan.

Kun 30 sekunnin kuluttua viillosta suoritettiin suonten palpointi ja arvioitiin valeaneurysmamuodostusta, valeaneurysmien esiintymisessä ei ollut eroa eri teurastustekniikoissa (Gregory ym. 2008). Gregory ym. (2012a) tutkivat valeaneurysmien muodostusta naudoilla arvioimalla kaulan valtimoiden läpimittaa palpoimalla valtimot 45 tai 60 sekuntia kaulaviillon tekemisen jälkeen, tai verenvirtauksen loputtua. Yleisimmin valeaneurysmat muodostuivat 7 - 21 sekunnin kuluttua verenlaskun aloittamisesta. Verenvuodon loppumisella ja valeaneurysmamuodostuksella oli selvä yhteys (Gregory ym. 2012a). Naudoista 10 % muodosti yli 3 cm halkaisijaltaan olevan valeaneurysman (Gregory ym. 2012b).

Jos sydän oli pysähtynyt tainnutuksessa, veren poistuminen oli hitaampaa ja valeaneurysmia ei muodostunut, joten niiden muodostuminen liittyy todennäköisesti korkeaan verenpaineeseen. Muodostumistodennäköisyys oli suurin verenlaskun alussa, ja silloin kun sydän löi (Gregory ym. 2008). Oletettavasti suurin tekijä valeaneurysmamuodostuksessa on verenpaine, joten tainnutusmenetelmä vaikuttaa siihen vain vaikuttamalla verenpaineeseen (Gregory ym. 2008).

Vähiten valeaneurysmamuodostusta esiintyi, kun viilto tehtiin nikaman C1 kohdalle. Tällöin vain 1 % lakkasi vuotamasta ennenaikaisesti, kun muualle kaulalle tehdyistä viilloista 35 % näytti merkkejä aikaisesta verenvuodon loppumisesta (Gregory ym. 2012a). Halal-teurastetuilla naudoilla valeaneurysmia muodostui eniten silloin, kun viilto tehtiin kaulan alaosaan (Gibson ym. 2015). Lisäksi huomattiin, että selällään teurastetut muodostivat vähemmän valeaneurysmia kuin ne, jotka oli ripustettu ennen teurastusta (Gregory ym. 2012a).

Kun nautoja teurastettiin ilman tainnutusta ja ne päästettiin irti heti viillon jälkeen, 14 % eläimistä kaatui ja nousi vielä ylös ennen lopullista romahdusta. Aika viimeiseen romahdukseen oli keskimäärin 20 sekuntia (Gregory ym. 2010). Tämä on linjassa Gregory ja Wotton (1984) kanssa, jotka tulkitsivat aivot toiminnan loppuvan vasikoilla keskimäärin 17 sekunnissa verenlaskun alusta.

Naudoilla 8 %:lla aika viillosta viimeiseen romahdukseen kesti yli 60 sekuntia (Gregory ym. 2010) ja 1,5% eläimistä aikaa kului jopa neljä minuuttia (Gregory ym. 2012b). Kaikki, joilla ei

ollut valeaneurysmamuodostusta, romahtivat alle 34 sekunnissa. Jos aikaa kului yli 75 sekuntia, näistä eläimistä 71 %:lla oli valeaneurysmia (Gregory ym. 2010).

Anil ym. (1995) tutkimuksissa elektrokortikografialla tutkittujen vasikoiden näköaistimuksen menetys kesti kauemmin, jos muodostui veren valutusta hidastavia valeaneurysmia, mikä on linjassa Gregory ym. (2010) kanssa. Joillain eläimillä veri poistui kuitenkin yhtä nopeasti kuin muillakin, valeaneurysmista huolimatta (Anil ym. 1995).

5.9 Viivästetty verenlasku

Viivästetty verenlasku tarkoittaa sitä, että eläimestä ei lasketa veriä välittömästi tainnuttamisen jälkeen. Gregory ym. (1988) tutki, voisiko viivästetty verenlasku helpottaa tilalla tehtävää hätäteurastusta, jolloin verenlasku tehtäisiin vasta teurastamalla sekä lisätä työturvallisuutta, jos verenlaskun voisi aloittaa vasta tainnutun eläimen refleksipotkinnan loppumisen jälkeen. Tutkimuksessa pulttipistoolitainnutetuilta eläimiltä pysäytettiin sydän sähkövirralla (Gregory ym. 1988).

Lainsäädännössä ei ole tarkasti määritetty sekunteina aikaa, jonka kuluessa tainnutuksesta verenlaskun on tapahduttava, mutta verenlaskun on alettava heti tainnutuksen jälkeen (Eläinsuojeluasetus 396/1996 44 §). Tajuttomuuden on kestettävä tainnutuksesta verenlaskuun ja aivotoiminnan loppumiseen (Gregory ym. 1996, Neuvoston asetus (EY) N:o 1099/2009 4 artikla kohta 1). Eläinsuojeluasetuksessa määrätään, että tainnutetun eläimen verenlasku on aloitettava välittömästi tainnuttamisen jälkeen, eikä eläimen tajunta saa palautua. Käytännössä verenlaskua voi viivästyttää vain tappavalla tainnutusmenetelmällä.

Williams ym. (1983) tutkimuksissa tutkittiin viivästetyn verenlaskun vaikutusta ruhosta poistuneen veren määrään pulttipistoolilla tainnuttamisen jälkeen. Kontrollieläinten lisäksi eläimille suoritettiin verenlasku 3, 6 tai 30 minuuttia tainnuttamisen jälkeen. Kontrollieläinten verenlaskussa katkaistiin *a. carotikset* ja *vena jugularikset*, mutta viivästetyssä verenlaskussa irrotettiin eläimiltä koko pää ilman, että ensin vahingoitettiin kyseisiä suonia.

Poistuneen veren suhteellinen osuus pieneni verrattuna heti suoritettuun verenlaskuun, kun tainnutuksen ja verenlaskun välillä oli aikaa kolme minuuttia (Williams ym. 1983). Poistuneen veren suhteellinen osuus ei kuitenkaan tässä tutkimuksessa vähentynyt, kun aikaa

tainnutuksesta verenlaskuun lisättiin edelleen, vaan kuuden ja 30 minuutin jälkeen suoritettussa verenlaskussa poistuneen veren prosenttiosuus oli samankaltainen kuin niillä, joilla veri oli laskettu kolmen minuutin kuluttua tainnutuksesta (Williams ym. 1983) (Taulukko 7).

Myöskään Williams ym. (1982) eivät huomanneet merkittävää eroa ruhosta poistuneessa verimäärässä kolmen ja kuuden minuutin odotuksen välillä. Ruhosta poistunut verimäärä oli kuitenkin pienempi viivytetysti laskettuna kuin niillä, joilla verenlasku suoritettiin heti pulttipistoolilla tainnutuksen jälkeen (taulukko 7).

Vimini ym. (1983a) viivyttivät verenlaskua kolme, kuusi tai 15 minuuttia pulttipistoolilla tainnuttamisen jälkeen ja havaitsivat, että poistuneen veren määrä ei juurikaan muutu, kun viivytys on pidempi, mutta eniten verta poistuu heti tainnutuksen jälkeen (Taulukko 7). Kuitenkin, jos eläimet tainnutettiin pulttipistoolilla, niiden sydän pysähtyi noin 10 minuuttia tainnutuksen jälkeen. Sydämen pysähdys johti entisestään vähentyneeseen veren poistumiseen ruhosta.

Toisessa kokeessa Vimini ym. (1983b) viivyttivät verenlaskua pulttipistoolilla tainnuttamisen jälkeen kolme, kuusi tai 30 minuuttia, jolloin huomattiin poistuneen veren määrän vähentyvän, kun aika verenlaskuun piteni (Taulukko 7). Tämä ei ole täysin linjassa Williams ym. (1982), Williams ym. (1983) ja Vimini ym. (1983a) tutkimusten kanssa. Poistuneen veren määrä ei kuitenkaan vähentynyt suhteessa ajan pitenemiseen, mikä voi selittää eroja tutkimusten välillä. Ero kolmen ja 30 minuutin viivytyksen välillä oli pienempi kuin heti tapahtuneen verenlaskun ja kolmen minuutin viivytyksen välillä (Vimini ym. 1983b).

Chrystall ym. (1981) tutkimuksessa ei lihan hemoglobiinipitoisuudessa ollut eroa heti viillettyihin eläimiin, kun tainnutuksen ja verenlaskun välillä odotettiin lampaita teurastaessa 15 - 20 minuuttia. Tämä viittaisi siihen, että ruhoon jäävä veri ei ole lihaksessa vaan elimissä (Chrystall ym. 1981). Kuitenkin Williams ym. (1982) huomasivat viivytetyn verenlaskun lisäävän sekä lihaksen että pernan veripitoisuutta, kun niitä verrattiin heti viillettyihin eläimiin. Myös vuodan jäännösverimäärä on suurempi, jos verenlasku ei ole tapahtunut välittömästi (Gregory ym. 1985).

Eläimillä, joilla sydän oli pysäytetty sähköllä ja ruhot laitettu kylmiöön kuuden tunnin ajaksi ja veri laskettiin kuuden tunnin kuluttua tainnutuksesta, veri poistui hitaammin ja sitä poistui

vähemmän kuin normaalisti teurastetulla kontrolliryhmällä (Gregory ym. 1988). Subjekttiivisen arvioinnin mukaan etuneljänneksessä verta oli enemmän kuin muissa ruhon osissa, mutta tämä ero oli kuitenkin pieni. Lihasten hemoglobiinipitoisuutta mitattaessa kaikissa ruhoissa eniten hemoglobiinia oli ruhon kraniaaliosissa, mutta lihasten välinen ero oli suurempi niissä, joilla verenlasku oli viivytetty. Jos verenlasku tapahtui kuuden tunnin kuluttua tainnutuksesta, oli suurempi riski, että suuriin verisuoniin muodostui verenlaskua estävä veritulppa (Gregory ym. 1988).

Taulukko 7. Tainnutuksesta verenlaskuun kestävän ajan vaikutus pulttipistoolilla tainnutettujen nautojen ruhoista poistuneen veren määrään.

Eläimet		Verenlasku		Poistuneen veren määrä (%)	Viite
Sukupuoli	N	Menetelmä	Aloitustainnutuksesta (min)		
hieho	10	<i>a. carotis communisten ja v. jugularisten viilto</i>	0	5,65	Williams ym. 1983
hieho	10	dekapitaatio	3	3,96	Williams ym. 1983
hieho	10	dekapitaatio	6	3,61	Williams ym. 1983
härkä	12	<i>a. carotis communisten ja v. jugularisten viilto</i>	0	5,60	Williams ym. 1983
härkä	12	dekapitaatio	3	3,89	Williams ym. 1983
härkä	12	dekapitaatio	30	3,69	Williams ym. 1983
hieho	10	<i>a. carotis communisten ja v. jugularisten viilto</i>	0	5,65	Williams ym. 1982
hieho	10	dekapitaatio	3	3,96	Williams ym. 1982
hieho	10	dekapitaatio	6	3,61	Williams ym. 1982
hieho ja härkä	5	<i>a. carotis communisten ja v. jugularisten viilto</i>	0	3,6	Vimini ym. 1983a
hieho ja härkä	4	dekapitaatio	3	2,7	Vimini ym. 1983a
hieho ja härkä	3	dekapitaatio	6	2,3	Vimini ym. 1983a
hieho	3	etujalkojen katkaisu heti tainnutuksen jälkeen ja myöhemmin dekapitaatio	15	1,9 – 2,6	Vimini ym. 1983a
härkä	12	<i>a. carotis communisten ja v. jugularisten viilto</i>	0	5,92	Vimini ym. 1983b
härkä	12	dekapitaatio	3	4,95	Vimini ym. 1983b
härkä	12	dekapitaatio	30	4,11	Vimini ym. 1983b
hieho	13	<i>a. carotis communisten ja v. jugularisten viilto</i>	0	5,60	Vimini ym. 1983b
hieho	13	dekapitaatio	3	3,89	Vimini ym. 1983b
hieho	13	dekapitaatio	6	3,69	Vimini ym. 1983b

6 JÄÄNNÖSVEREN JAKAUTUMINEN

Kirton ym. (1981) tutkimuksissa niillä lampailla, joilla verta poistui verenlaskussa vähemmän, veri ei näyttänyt jäävän lihaan. Näiden eläinten iho ja elimet kuitenkin painoivat enemmän kuin verrokkieläinten, ja niistä tippui enemmän verta teurastusprosessin aikana, mikä viittaa suurempaan jäännösverimäärään. Vuodan jäännösverimäärä oli huomattavasti suurempi niissä eläimissä, joilla verenlasku ei tapahtunut heti tainnutuksen jälkeen myös Gregory ym. (1985) tutkimuksessa.

Chrystall ym. (1981) tutkimuksessa lihan hemoglobiini oli kaikilla ryhmillä sama, vaikka joillain eläimillä verenlaskua häirittiin tarkoituksella esimerkiksi asettamalla staasi leikattuihin suoniin ja verta ei näin ollen poistunut yhtä paljon. Tällöin ruhoon jääneen veren on oltava elimissä ja ihossa.

Warriss ja Leach (1978) eivät havainneet eroa lihan hemoglobiinipitoisuudessa eri ryhmien välillä, vaikka sähkötainnutetuista lampaista kerätyn veren hematokriitti oli korkeampi kuin pultattujen. Lihan hemoglobiinipitoisuus ei muuttunut myöskään Williams ym. (1983) tutkimuksessa, eikä lihassa ollut silmin havaittavaa muutosta, vaikka verta poistui vähemmän. Nämä havainnot yhdessä Chrystall ym. (1981) kanssa saattaisivat viitata siihen, että veren plasma jäisi lihaan ja kudoksiin, mutta verisolut tulisivat verenlaskussa ulos.

Williams ym. (1983) tutkimuksessa pernan paino lisääntyi, kun ruhosta poistuneen veren määrä väheni. Williams ym. (1982) havaitsivat lihaksen ja pernan veripitoisuuksien olevan suuremmat niissä eläimissä, joilla verenlasku oli viivästynyt. Lihaksen suurempi veripitoisuus verenlaskua viivytettäessä on yllättävä tulos ottaen huomioon, että muut poistuneen veren määrää vähentävät käsittelyt eivät vaikuttaneet lihaksen hemoglobiinipitoisuuteen (Chrystall ym. 1981, Kirton ym. 1981, Williams ym. 1983). Pernan paino oli suurin niissä eläimissä, jotka odottivat verenlaskua kuusi minuuttia, joka oli tässä tutkimuksessa pisin aika tainnutuksen ja verenlaskun välillä (Williams ym. 1982).

Verenlaskua viivyttäessä kuusi tuntia, ruhon etuneljännes oli veripitoisempi kuin muut ruhon osat. Lihaksessa ja rinnan sekä kaulan ihonalaisrasvassa jäännösverimäärät olivat suuria. Suurimmat verimäärät olivat kuitenkin keuhkoissa ja kateenkorvassa, jotka olivat ainoat paikat, joissa verta oli paljon (Gregory ym. 1988). Tämä on linjassa Chrystall ym. (1981), Kirton ym. (1981), Williams ym. (1982), Williams ym. (1983) ja Gregory ym. (1985) kanssa. Näiden

tutkimusten tulokset viittaavat myös siihen, että ruhoon jäävä veri on suurimmaksi osaksi elimissä ja vuodassa. Ruhon etuosan suurempi veripitoisuus verenlaskua kauan viivytettäessä on ymmärrettävää, koska veri valuu alas painovoiman mukana, kun eläimet roikkuvat linjassa.

Ruhoon jäävä veri ei siis jää lihaan vaan elimiin, joista eniten verta vaikuttaisi olevan pernassa ja ihossa. Mikäli eläin on ripustettuna linjalla, jäännösveri on ruhon etuosan elimissä kuten kateenkorvassa, mutta tällöin myös lihan verimäärät ovat suurempia. Tämän lisäksi iho ja ihonalaisrasva vaikuttaisivat olevan paikkoja, joihin jäännösveri kerääntyy.

7 AIKA, JONKA JÄLKEEN VERI VIELÄ POISTUU RUHOSTA

Märehtijöiden tapauksessa sähköä käytettäessä aika eläimen virkoamiseen tainnutuksen jälkeen on huomattavan lyhyt, vain joitain sekunteja (Blackmore ja Newhook 1982, Gregory ym. 1996). Voidaan kuitenkin ajatella Raj ym. (1994) perusteella, että niin kauan kuin sydän pumppaa, veri poistuu ruhosta tehokkaasti.

Jos verenlaskua joudutaan viivyttämään, tulee käyttää tappavaa tainnutusta, jotta eläin ei virkoa tainnutuksesta. Tällaisia menetelmiä ovat esimerkiksi tuliaseella ampuminen ja isku päähän pienellä eläimellä (Ruokavirasto 2019). Näissä tapauksissa sydän on pysähtynyt, kun verenlasku aloitetaan. Sydämen pysähdys vähentää ruhosta poistuneen veren määrää (Vimini ym. 1983a) ja verta poistuu ruhoista vähemmän jo kolmen minuutin viivytyksen jälkeen, kun verrataan niihin eläimiin, joilla verenlasku on välitön (Williams ym. 1982, Vimini ym. 1983a, Vimini ym. 1983b, Williams ym. 1983).

Kun otetaan huomioon, että ruhoon jäävä veri on enimmäkseen elimissä eikä lihassa (Chrystall ym. 1981, Kirton ym. 1981, Williams ym. 1982, Williams ym. 1983, Gregory ym. 1985 ja Gregory ym. 1988), voidaan ajatella veren poistuvan lihasta tyydyttävästi ainakin 15 - 30 minuutin jälkeen tainnutuksesta. Tätä pidemmässä viivytyksessä ruhon etuosan lihaksissa verenlasku on puutteellinen (Gregory ym. 1988) ja Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 845/2004 mukaan liha on täten todettava ihmisravinnoksi kelpaamattomaksi.

Ruhosta poistuneen veren määrä toisaalta vähenee jo kolmen minuutin viivytyksen jälkeen (Williams ym. 1982, Vimini ym. 1983a, Vimini ym. 1983b, Williams ym. 1983), joten ei voida sanoa koko ruhon verenlaskun olevan tehokas enää kolmen minuutin viivytyksen jälkeen. Näin ollen voidaan ajatella, että vaikka lihan voi käyttää niistä eläimistä, joilla verenlasku on viivytetty, elimet tulisi hylätä, koska niiden verenlasku ei ole viivytyksen jälkeen riittävä. Lihankin tapauksessa tulisi harkita sen käyttöä ihmisravintona viivytetyn verenlaskun jälkeen, vaikka Vimini ym. (1983b) mukaan viivästetyllä verenlaskulla on vain vähän vaikutusta lihakseen ja sen ominaisuuksiin.

Käytännössä puutteellisen verenlaskun voi helpoiten havaita lihan värin punaisuudesta. Toinen asia, mistä puutteellisen verenlaskun voi havaita, on elinten turpeus ja veripitoisuus. Punaisuuden ja elinten veripitoisuuden arviointi kehittyy ruhoja tarkastelemalla ja

puutteellisen verenlaskun tunnistaminen on lihantarkastajien ja tarkastuseläinlääkärin kokemuksen tuomaa osaamista.

POHDINTA

Verenlaskun kannalta näyttäisi siltä, että paras tapa toteuttaa teurastaminen olisi tainnuttaminen pulttipistoolilla tai korkeataajuisella sähköllä päähän ja selkään (Sabow ym. 2016, Blackmore ja Newhook 1976), sekä tehdä verenlasku rintapistolla (Blackmore ja Newhook 1976). Verenvalutus toteutettaisiin eläimen roikkuessa linjassa (Verhoeven ym. 2016, Khalid ym. 2015). Ennen teurastusta eläimiä kannattaisi paastottaa noin vuorokausi, jotta lihaksen verenkierto vähenee ja lihakseen jää näin ollen vähemmän verta (Gregory ja Christopherson 1986). Pidempi paastotus taas vähentää ruhon painoa ja nostaa lihan pH:ta, mikä ei ole toivottavaa (Stewart ym. 2019).

Stressi teurastustilanteessa on ristiriitainen asia, koska toisaalta halutaan välttää eläinten kokemaa stressiä, mutta toisaalta stressi vähentää lihaksen hemoglobiinipitoisuutta (Warriss 1978). Kuitenkin muut lihan ominaisuudet kuin hemoglobiinipitoisuus heikkenevät stressin seurauksena. Koska eläimille kuljetus teurastamolle, teurastamolla olo ja vieraiden ihmisten toimesta käsitellyksi tuleminen ovat jo itsessään stressitekijä, ei teurastusta voida saada eläimille täysin stressittömäksi.

Tainnutuksessa korkeataajuinen sähkö ja pulttipistooli vaikuttaisivat parhailta vaihtoehdoilta, koska tällöin sydän ei pysähdy tainnutuksessa ja verenlasku on näin ollen tehokkaampaa (Kirton ym. 1981, Gregory ja Wilkins 1984, Gregory ym. 2008, Sabow ym. 2016). Rintapisto on paras tekniikka verenlaskuun ainakin naudalla, koska sitä käytettäessä vältytään verenlaskua hidastavalta valeaneuryismamuodostukselta (Anil ym. 1995, Gregory ym. 2008) ja se katkaisee verenkierron aivoihin sekä *a. carotis communiksesta* että *a. vertebraliksesta* (Baldwin 1964, Dyce ym. 2009). Myös lampailla rintapisto olisi tehokas, mutta teurastajat pitävät sitä hankalana (Blackmore ja Newhook 1976). Rintapiston etuja on myös se, että ruokatorvi säilyy ehjänä, jolloin liha kontaminoituu vähemmän. Verenvalutus linjassa roikkumalla on käytännössä helppo toteuttaa ja se tehostaa veren poistumista ruhosta (Khalid ym. 2015).

Valeaneuryumat aiheuttavat verenlaskuun käytännön ongelmia, mikäli verenlasku toteutetaan kaulasuonet katkaisemalla (Gregory ym. 2008) ja erityisesti eläinten roikkuessa linjassa pää alaspäin (Gregory ym. 2012a). Lisäksi ne voivat ilman tainnutusta tapahtuvassa teurastuksessa aiheuttaa tajunnan menetyksen viivästymisen tai tajunnan palautumisen (Gregory ym. 1996). Tämän vuoksi naudoilla tulisi suosia rintapistoa verenvalutuksessa

varsinkin silloin, kun eläin on ripustettuna linjalle. Rituaaliteurastuksessa tulisi suosia kaulasuonten katkaisussa viiltoa nikaman C1 kohdalle, jotta todennäköisyys valeaneurysmien muodostumiseen ja näin ollen viivästyneeseen tajunnan menetykseen pienenee. Lisäksi se estää eläintä tuntemasta ylimääräistä ärsytystä hengitysteissä olevasta verestä (Gregory ym. 2012b) varjellen näin eläimiä ylimääräiseltä kivulta ja epämukavuudelta. Kivun ja epämukavuuden minimointiin tulisi pyrkiä, mikäli se on mahdollista.

Viivästetty verenlasku ei vaikuttaisi olevan ongelma lihan kannalta, kunhan veri lasketaan alle 30 minuutin kuluessa tainnutuksesta (Vimini ym. 1983b, Williams ym. 1983). Täsmällinen raja-arvo sille, minkä ajan kuluttua veri ei enää poistu lihasta tarpeeksi hyvin, olisi selvitettävä. Tulisi kuitenkin määrittää, voiko lihan käyttää mihin tahansa tuotteisiin vai tulisiko se esimerkiksi kuumentaa ennen käyttöä tai määrätä se ihmisravinnoksi sopimattomaksi. Mikäli viivästetysti laskettu veri katsottaisiin ongelmaksi elintarvikehygienian kannalta, tulisi määrittää aikarajat sille, minkä aikapisteen jälkeen lihan käytölle tulee minkäkin kaltaisia määräyksiä. 30 minuutin sisällä suoritettu verenlasku ei aiheuta aistinvaraisia poikkeamia lihassa (Williams ym. 1983), joten kuluttajan näkökulmasta liha on yhtä hyvää kuin jos siitä olisi laskettu veri välittömästi. Lihan lisääntynyt verimäärä heikentää lihan säilyvyyttä (Sabow ym. 2016), joten mikäli verenlaskun viivästyttäminen olisi liian pitkä ja verta ei enää poistuisi ruhosta tarpeeksi paljon, tulisi lihan säilyvyyden kanssa ongelmia.

Kun verenlaskua on viivytetty yli kolme minuuttia, elimiin jäävä verimäärä on suurempi kuin jos verenlasku tehdään heti (Williams ym. 1982, Vimini ym. 1983, Williams ym. 1983). Tämän vuoksi viivytetyssä verenlaskussa elimet tulisi hylätä jo minuuttien viivytyksen jälkeen, vaikka lihan voi edelleen käyttää. Myös vuodan verimäärä on viivästetyssä verenlaskussa suurempi, joten sitäkään ei voi käyttää (Gregory ym. 1985).

Suurempi ongelma kuin elintarvikehygienian kannalta, verenlaskun viivytys on eläimen hyvinvoinnin kannalta ainakin silloin, jos tainnutus ei ole tappava. Eläimiä tulee suojella turhalta kärsimykseltä, joten ne eivät saa herätä tainnutuksesta, eivätkä ne saa näyttää heräämisen merkkejä verenlaskun aikana. Tästä syystä monen tainnutustavan kanssa viivytetty verenlasku ei ole mahdollinen ja esimerkiksi linjarikon sattuessa tainnutetuille eläimille on suoritettava verenlasku mahdollisimman nopeasti tai niiden kuolema on varmistettava jollain muulla tavalla kuten tuliaseella ampumalla tai matalataajuista sähköä käyttäen.

Kun käytetään tappavaa tainnutusta, viivästetty verenlasku ei ole ongelma eläimen hyvinvoinnin kannalta. Ongelmallisin tilanne on, jos käytetään tainnutukseen pulttipistoolia, joka ei ole tappava tainnutustapa, mutta oikein tehtynä eläimen hengitys pysähtyy ja sen tajunta ei palaudu ennen sydämen pysähtymistä (Vimini ym. 1983a). Pulttipistooli vaikuttaisi ideaaliselta tainnutustavalta, jos verenlaskun viivytys olisi alle 10 minuuttia, koska silloin eläimen sydän löisi verenlaskun alkuun asti ja verenlasku olisi näin ollen tehokas. Inhimillinen virhe tai väärin säilytetyt tai huolletut välineet voivat kuitenkin aiheuttaa sen, että eläin herää tainnutuksesta (Grandin 2002). Tämän vuoksi viivytetty verenlasku ei sovi käytettäväksi pulttipistoolilla tainnuttaessa, koska eläinten hyvinvoinnin takaamiseksi ei voida ottaa riskiä, että teurastettava eläin herää tainnutuksesta, joten pulttipistoolilla tainnutetun eläimen verenlasku on aloitettava mahdollisimman nopeasti.

LÄHTEET

Anil MH, McKinstry JL, Gregory NG, Wotton SB, Symonds H. Welfare of calves — 2. Increase in vertebral artery blood flow following exsanguination by neck sticking and evaluation of chest sticking as an alternative slaughter method. *Meat Science*. 1995;41(2):113–23.

Baldwin BA. The anatomy of the arterial supply to the cranial regions of the sheep and ox. *American Journal of Anatomy*. 1964;115(1):101–17.

Blackman NL, Cheetham K, Blackmore DK. Differences in blood supply to the cerebral cortex between sheep and calves during slaughter. *Research in Veterinary Science*. 1986;40(2):252–4.

Blackmore DK, Newhook JC. Effects of different slaughter methods on bleeding sheep. *Veterinary Record*. 1976;99(16):312–6.

Blackmore DK, Newhook JC. Electroencephalographic studies of stunning and slaughter of sheep and calves— Part 3: The duration of insensibility induced by electrical stunning in sheep and calves. *Meat Science*. 1982;7(1):19–28.

Buncic S. Integrated food safety and veterinary public health. CABI Pub; 2006.

Chrystall BB, Devine CE, Newton KG. Residual blood in lamb muscles. *Meat Science*. 1981;5(5):339–45.

CSIRO Food and Nutritional Sciences: Meat Industry Services. Electrical inputs during beef processing. Meat technology update 1/06, 2006, 4 s. <https://meatupdate.csiro.au/SlaughterDressingIndexPage.htm#1>, haettu 1.6.2020

Dyce KM, Sack WO, Wensing CJG. Textbook of Veterinary Anatomy - E-Book. Elsevier Health Sciences; 2009.

Eläinsuojeluasetus 396/1996. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960396>, haettu 13.4.2019

Eläinsuojelulaki 247/1996. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960247>, haettu 8.3.2021

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 853/2004, eläinperäisiä elintarvikkeita koskevista erityisistä hygieniasäännöistä. Euroopan unionin virallinen lehti L 139, 2004. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:226:0022:0082:FI:PDF>, haettu 22.10.2019

Gibson TJ, Dadios N, Gregory NG. Effect of neck cut position on time to collapse in halal slaughtered cattle without stunning. *Meat Science*. 2015;110:310–4.

Grandin T. Return-to-sensibility problems after penetrating captive bolt stunning of cattle in commercial beef slaughter plants. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2002;221(9):1258–61.

Gregory AMS, Slader RW. A computerized method for monitoring blood flow rate and quantity during sticking of slaughtered meat animals. *Computers and Electronics in Agriculture*. 1988;3(2):171–5.

Gregory NG, Wilkins LJ. Effect of cardiac arrest on susceptibility to carcass bruising in sheep. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1984;35(6):671–6.

Gregory NG, Wotton SB. Time to loss of brain responsiveness following exsanguination in calves. *Research in Veterinary Science*. 1984;37(2):141–3.

Gregory NG, Wilkins LJ, Wotton SB. Effect of cardiac arrest at slaughter on residual blood content of hide. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1985;36(11):1104–6.

Gregory NG, Christopherson RJ. Effect of fasting on capillary blood flow in sheep. *Research in Veterinary Science*. 1986;40(3):357–60.

Gregory NG, Wilkins LJ, Gregory AMS. Studies on blood engorgement in beef carcasses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1988;46(1):43–51.

Gregory NG, Anil MH, McKinstry JL, Daly CC. Prevalence and duration of insensibility following electrical stunning in calves. *New Zealand Veterinary Journal*. 1996;44(1):1–3.

Gregory NG. Recent concerns about stunning and slaughter. *Meat Science*. 2005;70(3):481–91.

Gregory NG, Shaw FD, Whitford JC, Patterson-Kane JC. Prevalence of ballooning of the severed carotid arteries at slaughter in cattle, calves and sheep. *Meat Science*. 2006;74(4):655–7.

Gregory NG, von Wenzlawowicz M, Alam RM, Anil HM, Yeşildere T, Silva-Fletcher A. False aneurysms in carotid arteries of cattle and water buffalo during shechita and halal slaughter. *Meat Science*. 2008;79(2):285–8.

Gregory NG, Fielding HR, von Wenzlawowicz M, von Holleben K. Time to collapse following slaughter without stunning in cattle. *Meat Science*. 2010;85(1):66–9.

Gregory NG, Schuster P, Mirabito L, Kolesar R, McManus T. Arrested blood flow during false aneurysm formation in the carotid arteries of cattle slaughtered with and without stunning. *Meat Science*. 2012a;90(2):368–72.

Gregory NG, von Wenzlawowicz M, von Holleben K, Fielding HR, Gibson TJ, Mirabito L, ym. Complications during shechita and halal slaughter without stunning in cattle. *Animal Welfare* 2012b;21(S2): 81-86

Kadim IT, Mahgoub O, Al-Marzooqi W, Khalaf S, Al-Sinawi SSH, Al-Amri I. Effects of transportation during the hot season, breed and electrical stimulation on histochemical and meat quality characteristics of goat longissimus muscle. *Animal Science Journal*. 2010;81(3):352–61.

Khalid R, Knowles TG, Wotton SB. A comparison of blood loss during the Halal slaughter of lambs following Traditional Religious Slaughter without stunning, Electric Head-Only Stunning and Post-Cut Electric Head-Only Stunning. *Meat Science*. 2015;110:15–23.

Kirton AH, Woods EG. Blood weights and bleeding times of electrically stunned sheep slaughtered by three different procedures. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 1977;20(4):449–51.

Kirton AH, Bishop WH, Mullord MM, Frazerhurst LF. Relationships between time of stunning and time of throat cutting and their effect on blood pressure and blood splash in lambs. *Meat Science*. 1978;2(3):199–206.

Kirton AH, Frazerhurst LF, Woods EG, Chrystall BB. Effect of electrical stunning method and cardiac arrest on bleeding efficiency, residual blood and blood splash in lambs. *Meat Science*. 1981;5(5):347–53.

Komission täytäntöönpanoasetus (EU) 2019/627, annettu 15 päivänä maaliskuuta 2019, ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläinperäisten tuotteiden virallisen valvonnan suorittamista koskevista yhdenmukaisista käytännön järjestelyistä Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) 2017/625 mukaisesti ja komission asetuksen (EY) N:o 2074/2005 muuttamisesta virallisen valvonnan osalta. Euroopan unionin virallinen lehti L 131/51 http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2019/627/oj, haettu 29.1.2021

König HE, Hans-Georg H-G, Bragulla H. Veterinary Anatomy of Domestic Mammals: Textbook and Colour Atlas. Schattauer Verlag; 2007.

Neuvoston asetetus (EY) N:o 1099/2009, eläinten suojelusta lopetuksen yhteydessä. Euroopan unionin virallinen lehti L 303, 2009. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:303:0001:0030:FI:PDF>, haettu 28.4.2019

Puolanne E, Ertbjerg P. 4. The Slaughter Process. Kirjassa Ninios T. ym. (toim.) Kirjassa: Meat Inspection and Control in the Slaughterhouse. 2014, John Wiley & Sons, Ltd. UK

Raj M, Gregory NG, Wotton SB. Effect of the method of stunning and the interval between stunning and neck cutting on blood loss in turkeys. Vet Rec. 1994;135(11):256–8.

Ruokavirasto 2019. Lopetus- ja teurastusmenetelmät eläinlajeittain. <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/elaintenpito/elainten-hyvinvointi/elainsuojelu-teurastuksessa-ja-lopetuksessa/tuotantoelainten-lopetus-ja-teurastus/lopetus-ja-teurastusmenetelmat/lopetus-ja-teurastusmenetelmat-elainlajeittain/> haettu 12.6.2019

Sabow AB, Zulkifli I, Goh YM, Ab Kadir MZA, Kaka U, Imlan JC, ym. Bleeding Efficiency, Microbiological Quality and Oxidative Stability of Meat from Goats Subjected to Slaughter without Stunning in Comparison with Different Methods of Pre-Slaughter Electrical Stunning. PLoS One 2016;11(4).

Schaller O, Constantinescu GM. Illustrated Veterinary Anatomical Nomenclature. Georg Thieme Verlag; 2007. 628 s.

Stewart SM, McGilchrist P, Gardner GE, Pethick DW. Feed deprivation in Merino and Terminal sired lambs: (2) the metabolic response under pre-slaughter conditions and impact on meat quality and carcass yield. animal. 2019;13(7):1468–77.

Tapp WN, Yancey JWS, Apple JK. How is the instrumental color of meat measured? *Meat Science*. 2011;89(1):1–5.

Terlouw Claudia EM, Bourguet C, Deiss V, Mallet C. Origins of movements following stunning and during bleeding in cattle. *Meat Science*. 2015;110:135–44.

Toldra F. *Lawrie's Meat Science*. Eighth edition. Kent: Elsevier Science; 2017 (Woodhead Publishing in food science, technology, and nutrition).

Verhoeven MTW, Gerritzen MA, Hellebrekers LJ, Kemp B. Validation of indicators used to assess unconsciousness in veal calves at slaughter. *animal*. 2016;10(9):1457–65.

Velarde A, Gispert M, Diestre A, Manteca X. Effect of electrical stunning on meat and carcass quality in lambs. *Meat Science*. 2003;63(1):35–8.

Vimini RJ, Field RA, Riley ML, Varnell TR. Effect of Delayed Bleeding after Captive Bolt Stunning on Heart Activity and Blood Removal in Beef Cattle. *J Anim Sci*. 1983a;57(3):628–31.

Vimini RJ, Field RA, Riley ML, Williams JC, Miller GJ, Kruggel WG. Influence of Delayed Bleeding after Stunning on Beef Muscle Characteristics. *J Anim Sci*. 1983b;56(3):608–15.

Warriss P. The quantitative determination of haemoglobin in ovine muscles. *Analytical Biochemistry*. 1976;72(1):104–12.

Warriss PD. Factors affecting the residual blood content of meat. *Meat Science*. 1978;2(2):155–9.

Warriss PD, Leach TM. The influence of slaughter method on the residual blood content of meat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1978;29(7):608–10.

Williams JC, Field RA, Miller GJ, Kunsman JE, Riley ML, Vimini RJ. Lipid Characterization of Longissimus and Biceps Femoris Muscles from Beef Animals Exsanguinated at Various Times after Stunning. *Journal of Food Science*. 1982;47(4):1384–5.

Williams JC, Vimini RJ, Field RA, Riley ML, Kunsman JE. Influence of delayed bleeding on sensory characteristics of beef. *Meat Science*. 1983;9(3):181–90.